

Smart Learning Environments em apoio aos ecossistemas de aprendizagem

Pedro David Netto Silveira¹, Sidnei Carneiro², Jeferson Moreli²,
Crediné Silva de Menezes³, Davidson Cury²

¹Núcleo de Informática
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - Alegre, ES - Brasil

²Departamento de Informática
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Vitória, ES - Brasil

³Departamento de Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre, RS - Brasil

{pedro.dns, sidneisc, jeferson.moreli, credine, dedecury}@gmail.com

Abstract. *The world has turned more and more attention to artificial intelligence in the most diverse fields of society and education still faces strong challenges, which range from personalizing learning, to identifying students at risk of failure. A promising bet are the so-called Smart Learning Environments (SLEs), which make use of intelligent technological resources to support learning and allow students and teachers to extract their potential in a personalized way. This paper presents a conceptual framework that serves as a support for the design of these environments, and also describes two case studies carried out from the modeling of practical applications conceived based on the framework.*

Resumo. *O mundo tem voltado cada vez mais atenção para inteligência artificial nos mais diversos campos da sociedade e a educação ainda encontra fortes desafios, que englobam desde a personalização da aprendizagem até a identificação de estudantes em risco de falha. Uma aposta promissora são os chamados Smart Learning Environments (SLEs), que fazem uso de recursos tecnológicos inteligentes para apoiar a aprendizagem e permitir que alunos e professores extraiam seu potencial de forma personalizada. Este artigo apresenta um framework conceitual que serve como um suporte para a modelagem destes ambientes. O artigo também descreve dois estudos de caso realizados a partir da modelagem de aplicações práticas concebidas com base no framework.*

1. Introdução

A humanidade vive um período em que a grande oferta de recursos tecnológicos proporciona facilidades para realizar muitas coisas em nosso dia a dia, desde atividades simples, como comprar mercadorias, até tarefas complexas, como aprender.

Nós vivemos e interagimos em uma cultura digital, de forma que com o avanço da tecnologia não são apenas nossos telefones que estão conectados, mas nossas roupas e acessórios para o corpo, nossos eletrodomésticos, nossas casas etc. Todo este aparato digital está à serviço para facilitar nossas vidas em muitas atividades, inclusive na aprendizagem, flexibilizando interações, gerando e armazenando dados para posteriormente serem utilizados no aprimoramento de nossas habilidades.

O desenvolvimento da inteligência artificial nos últimos 25 anos, tem se concentrado em grande parte, no desenvolvimento de sistemas que atuem tão eficazmente quanto a tutoria individual humana [Roll and Wylie 2016], no entanto, também existe um esforço da comunidade de IA para produzir soluções a fim de apoiar o processo de mediação na construção do conhecimento. Neste caso, a tecnologia pode ser usada para criar comunidades de indivíduos, facilitando as interações e atividades necessárias para resolver problemas do mundo real, dentro e fora da escola [Jonassen et al. 1995]. Para este cenário existe uma abordagem ideal, chamada de ecossistemas de aprendizagem [Brown 2000].

Richardson (2002) [Richardson 2002] define um ecossistema de aprendizagem de acordo com as seguintes características: (i) um sistema real, adaptativo, aberto e complexo que compreende aspectos dinâmicos e com interdependência de seus componentes, (ii) um contexto que estimula a diversidade e (iii) um conjunto de comunidades de interesse sobrepostas e virtuais, em constante evolução e auto-organizadas.

Acreditamos que ecossistemas de aprendizagem fornecem a base ideal para utilização de ambientes inteligentes de aprendizagem (SLE) [Wenger 2011] capazes de atuar como assistentes pessoais e coletivos de aprendizagem, não apenas na escola, mas em diferentes contextos sociais e ao longo da vida, auxiliando humanos a: (i) evitar tarefas desnecessárias, (ii) perceber onde focar em cada ecossistema em que esteja presente, (iii) reunir e registrar os conhecimentos em produção nesses contextos e (iv) permitir a recuperação de informações. É nesta perspectiva que nos apoiamos, para apresentar neste trabalho duas propostas de concepções tecnológicas para a informática na educação.

Dessa forma, apresentamos dois *smart learning environments* que foram projetados, utilizando um framework e metodologia propostos por [Silveira et al. 2020] e discutimos como essas aplicações podem favorecer a construção do conhecimento e dar um suporte tanto para estudantes quanto para mediadores no processo educativo. Com isso, temos a intenção de validar o framework utilizado, demonstrando sua aplicabilidade.

O restante deste documento está organizado da seguinte forma: Seção 2 contém o referencial teórico, a Seção 3 apresenta as propostas de ambientes inteligentes para a promoção da educação e finalmente na Seção 4 apresentamos as considerações finais.

2. Referencial Teórico

Nesta seção apresentamos o conceito de SLE, o framework utilizado para modelar as aplicações que abordamos neste artigo, o conceito de arquiteturas pedagógicas e como aplicações de redes sociais têm sido utilizadas para aprimorar o processo educativo.

2.1. Smart Learning Environments (SLEs)

O termo "smart" tem sido usado para caracterizar um ambiente de aprendizagem (que inclui alunos, professores, equipe de apoio etc.) bem como uma tecnologia. Com base nas características da inteligência humana que podem ser copiadas em instrumentos tecnológicos, um SLE é aquele que possui várias das seguintes características [Spector 2016]:

- Conhecimento: acesso a informações pertinentes e a capacidade de adicionar ou modificar essas informações;
- Suporte a tarefas: a capacidade de realizar uma tarefa ou fornecer a um aluno as ferramentas e informações necessárias para a realização delas;

- Sensibilidade do aluno: a capacidade de manter e fazer uso de um perfil do aluno de modo a fornecer suporte e informação adequada;
- Sensibilidade ao contexto: a habilidade de reconhecer situações específicas, incluindo aquelas situações nas quais um aluno pode precisar de ajuda;
- Reflexão e *feedback*: a capacidade de criticar uma solução ou desempenho e / ou fornecer *feedback* significativo e oportuno a um aluno com base em seu perfil.

2.2. Framework para modelagem de SLEs

[Silveira et al. 2020] apresentam em seu artigo um framework para modelagem de SLEs que objetiva auxiliar desenvolvedores de ambientes digitais, a projetar ferramentas que potencializam a construção do conhecimento em ecossistemas de aprendizagem. Apoiados neste framework, cujo modelo conceitual está apresentado na Figura 1, vamos modelar as ferramentas que propomos neste artigo.

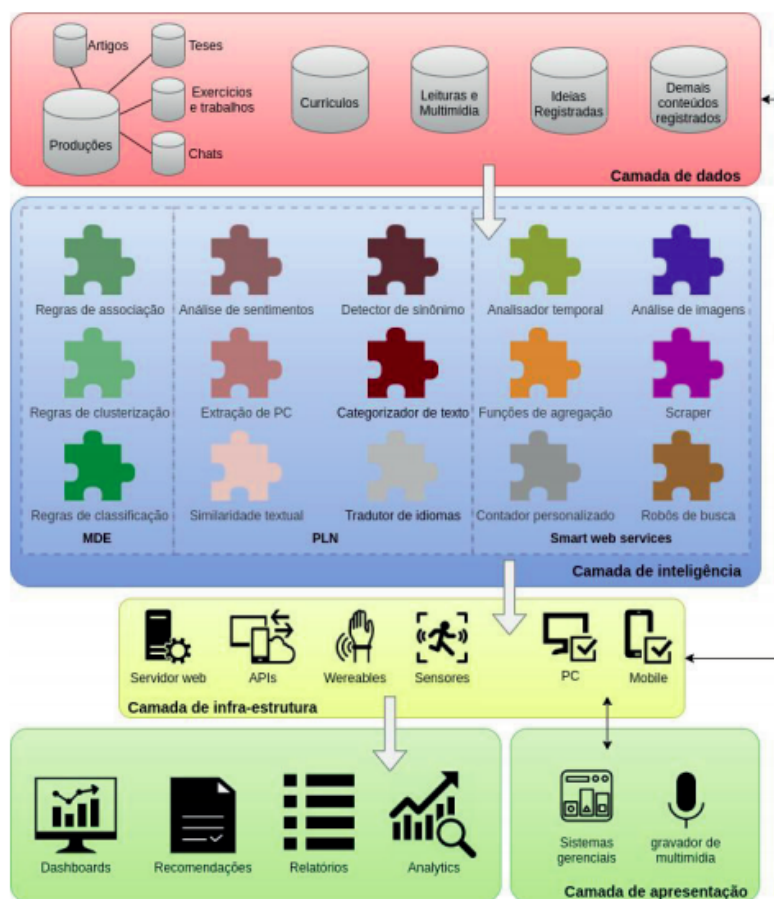


Figura 1. Framework conceitual para modelagem de SLEs [Silveira et al. 2020]

Como se pode ver na Figura 1, o framework é dividido em camadas, das quais destacamos a de inteligência. Esta camada apresenta algumas funcionalidades ou bibliotecas que podem ser acopladas para modelar os requisitos funcionais inteligentes do SLE. Por exemplo, uma aplicação que emita relatórios periódicos de produções dos estudantes, para professores ou gestores da educação. Para isso pode-se acoplar os módulos "Analisador temporal", "Scraper" e "Sumarizador de texto", para garantir a periodicidade, a retirada

de informações em ambientes externos à aplicação produzida e a geração do conteúdo do relatório, respectivamente [Silveira et al. 2020].

Muitas combinações podem ser feitas com as bibliotecas da camada de inteligência para criar diferentes funcionalidades para os SLEs, que são utilizadas pelos usuários finais de duas formas (observando a camada de apresentação): como (i) um sistema de *analytics*, com *dashboards* e/ou emissão de relatórios, ou (ii) um sistema de recomendação.

2.3. Arquiteturas Pedagógicas

As Arquiteturas Pedagógicas (AP) são ecossistemas cognitivos onde se desenvolvem processos de ensino e aprendizagem. As AP's são concebidas com base em princípios pedagógicos construtivistas e cooperativos, de forma a aproveitar o potencial das tecnologias digitais para promoção da aprendizagem.

Arquiteturas pedagógicas podem ser definidas como "suportes estruturantes" para aprendizagem que combinam o aparato técnico com a visão pedagógica, que inclui diferentes componentes: abordagem pedagógica, software, internet, inteligência artificial, educação a distância, concepção de tempo e espaço. O caráter das arquiteturas pedagógicas é pensar a aprendizagem como uma construção a partir da vivência de experiências, de reflexões e meta reflexões do sujeito, em interação com o seu meio ambiente socioecológico [Carvalho et al. 2005].

A construção de conhecimento sobre um determinado assunto requer que o sujeito, partindo de seu conhecimento prévio, provocado por situações de desequilíbrio, faça reconstruções progressivas de forma que suas estruturas conceituais consigam assimilar novas situações. As estratégias para que esses desequilíbrios ocorram são inúmeras, entretanto, é importante que se criem condições propícias para que o apoio às reconstruções ocorra de forma sistemática [Carvalho et al. 2005].

2.3.1. O Debate de Teses

Esta arquitetura foi concebida para o trabalho mediado pela Internet na qual os indivíduos podem trabalhar em tempos distintos, usando editores específicos e que teriam acesso aos seus espaços e dos demais participantes (quando autorizados) em qualquer lugar que tiverem acesso à web. Buscando uma sistematização das participações, aliada a uma preocupação efetiva da contribuição de cada sujeito para o processo, DT executa os seguintes passos [de Nevado et al. 2012]:

1. Teses: Na etapa 1, mediador define as teses, que são afirmações que tenham potencial de gerar desequilíbrios, e também define o calendário do debate e os indivíduos que irão participar dele.
2. Posicionamento e argumentação inicial: Nesta etapa cada participante se manifesta concordando, discordando ou dizendo que não sabe decidir a respeito da tese. Em seguida ele escreve uma justificativa, baseada em argumentos e evidências, que sustentem seu posicionamento.
3. Revisão: Na etapa 3, um outro participante é designado para ler as argumentações da etapa anterior avaliando a procedência da justificativa apresentada, confrontando os argumentos. É importante que esta atividade seja realizada por mais de

um participante, oferecendo ao argumentador a oportunidade de ter mais de uma revisão. Ao mesmo tempo em que um sujeito tem suas argumentações revisadas, ele também faz o papel de revisor de outros colegas. Com isso implementamos uma revisão por pares.

4. Réplica: Na etapa 4, ao tomar conhecimento de cada revisão, o argumentador pode aceitá-la total ou parcialmente, ou refutá-la. Ao fazer este movimento, ele está reforçando ou reconsiderando o seu posicionamento, enxergando novas possibilidades e reequilibrando seu conhecimento.
5. Posicionamento e argumentação final: Na etapa 5, os participantes podem se posicionar novamente, reafirmando seu posicionamento inicial, ou alterando-o, justificando sua posição, novamente baseado-se em argumentos e evidências, considerando todo o conhecimento construído no decorrer do debate.

2.4. Redes sociais de comunidades de prática e a potencialização da aprendizagem

As comunidades de prática são definidas como qualquer grupo de pessoas interessadas em um ou mais campos de conhecimento, engajadas em um processo de educação coletiva continuada, buscando evoluir, aperfeiçoar e principalmente, inovar. Também não se restringem ao meio acadêmico ou formal de educação, qualquer grupo que busque evoluir coletivamente em um campo de conhecimento é uma comunidade de prática, seja ele um grupo de pesquisadores em química, ou um grupo de surfistas buscando trocar experiências e desenvolver novas técnicas na prática do esporte [Wenger 2011].

As pessoas em uma comunidade de prática possuem um objetivo claro de evolução e educação continuada em um determinado campo de conhecimento, e não apenas isso, é preciso haver a prática, o grupo tem que praticar o conhecimento, tanto individualmente quanto coletivamente, caso contrário seria impossível relatar as próprias experiências, testes e inovações no dia-a-dia [Wenger 2011].

Um projeto que viabilize comunidades de prática online para auxiliar e promover o aprendizado e educação continuada precisa permitir que os usuários criem contas próprias e interajam entre si, a fim de criar um repositório digital de objetos de aprendizagem. Repositório digital é um sistema que torna viável o armazenamento, busca e recuperação de objetos de aprendizagem em um servidor local [JORUM et al. 2006].

Os objetos de aprendizagem podem ser definidos como quaisquer materiais que possuem fins didáticos e atuem como recurso educacional, por exemplo vídeos, áudios, imagens ou softwares. Quando inseridos no meio digital, esses recursos precisam ter um arquivo que descreva suas características, chamado de metadados. Os metadados são fundamentais não só para que os usuários possam buscar e avaliar recursos pedagógicos relevantes para eles, como também para um sistema inteligente que irá sugerir materiais relacionados de maior relevância para cada usuário, a fim de personalizar o processo de aprendizagem, se adequando às necessidades de cada um [dos Santos and da Silva 2017].

3. Utilizando comunidades de prática e o debate de teses como SLEs

Nesta seção vamos apresentar de forma conceitual, como uma aplicação para comunidades de prática e um portal para debate de teses podem ser utilizados como concepções de ambientes inteligentes para aprendizagem (SLEs). Para isto, apresentaremos a seguir (i) o modelo dos SLEs enquanto modelos gerados com o framework (Seção 2.2), (ii) o projeto de software dos SLEs e (iii) exemplos de uso.

Ainda nesta seção buscamos validar o framework [Silveira et al. 2020], na demonstração de que ele é capaz de atender as especificações de um SLE, modelando ambientes que notadamente se comportem como tal, de acordo com a metodologia proposta por [Ficheman 2008].

Dessa forma, um dos nossos objetivos, além de apresentar as duas concepções tecnológicas para apoiar a educação, é oferecer uma ampliação da estratégia de validação do framework, utilizando-o para modelar os SLEs a seguir, que são parte principal de dois projetos de pesquisa de pós-graduação.

3.1. Um portal de debate de teses

Com o aumento da conectividade entre as pessoas que foi gerada pela internet e com demandas cada vez maior pela educação a distância, as plataformas digitais vêm ganhando cada vez mais espaço, oferecendo a possibilidade de reunir pessoas interessadas em um determinado tema, mesmo sem estarem próximas. Uma concepção tecnológica para debate de teses pode vir a ser uma ferramenta muito útil neste contexto. O problema é a elevada carga de trabalho que recai sobre o mediador.

Supondo que um debate de teses seja configurado para que cada participante tenha direito a uma argumentação inicial, e que esta seja revisada por duas pessoas distintas e que para cada revisão, o argumentador tenha direito a uma réplica, e o debate aconteça em uma turma com 30 participantes, serão realizadas as seguintes quantidades de produções textuais para cada tese proposta: 30 argumentações iniciais, 60 revisões, 60 réplicas e 30 argumentações finais. Ao final das interações, o mediador terá acompanhado a produção de 180 textos.

Segundo [Mason and Grove-Stephensen 2002], o docente gasta cerca de 30% de seu tempo na correção de atividades e com a utilização de um debate de teses, esse gasto de tempo não inclui apenas a análise dos textos produzidos (que como vimos, não são poucos) mas também inclui tarefas manuais como a extração dos textos, produção de relatórios, acompanhamento da execução do debate etc.

Para aumentar um pouco mais a complexidade do problema, estamos propondo um Portal para Debates de teses, com o objetivo de reunir professores, alunos, pesquisadores e outros interessados em uma determinada área de conhecimento. Neste portal, professores, pesquisadores e estudantes podem consultar diferentes debates e interagir entre si com o intuito de (i) elaborar seus próprios debates, (ii) buscar novas ideias, (iii) ver a opinião de pares sobre um determinado assunto etc.

Desta forma, existe uma necessidade emergente de apoio ao professor mediador nas tarefas manuais e mecânicas que podem ser exercidas com o apoio de tecnologias inteligentes, como recomendações, emissão de relatórios, geração de *feedback*, dentre outras. A Figura 2 apresenta o portal de debate de tese enquanto uma instância do framework.

Observando a camada de dados, o portal tem os dados armazenados em um SGBD *MySQL* para posteriormente serem utilizados pela camada de inteligência. Alguns dados não precisam ser persistidos, a exemplo de data e hora que podem ser obtidos em tempo real e de conteúdo de recomendação (artigos e mídias digitais) que também são utilizados em tempo real.

Na camada de inteligência, acoplamos diferentes bibliotecas para produzir funci-

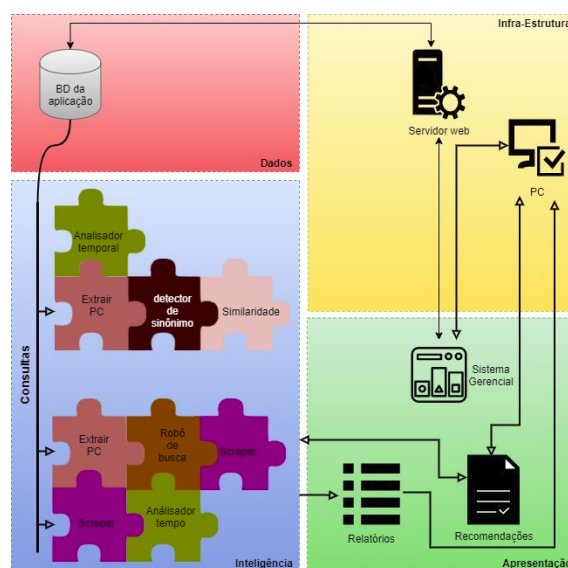


Figura 2. Portal de debate de teses enquanto um SLE modelado com o framework.

onalidades como: (i) recomendação de debates de teses, (ii) recomendação de teses para um debate, (iii) recomendação de participantes para um debate, (iv) criação automática de debates e (v) *feedback* de argumentações e replicas, (vi) *feedback* para o mediador de participação no debate e prazos.

A camada de infraestrutura é composta por um servidor web *Apache*, que utiliza *PHP* como linguagem de programação em conjunto com framework *CSS Bootstrap*, por ser responsivo, e consequentemente se adaptar melhor aos diversos tamanhos de telas de exibição dos locais de uso.

Na camada de apresentação, temos demonstradas as principais finalidades do portal de debate de teses, que se comporta tanto como um sistema de *Analytics* (fornecendo *dashboards* e relatórios periódicos) quanto de recomendações.

O framework proposto em [Silveira et al. 2020] se mostrou um recurso ideal para modelagem desta ferramenta, que apresenta várias das características mencionadas na Seção 2.1 e portanto é um SLE. Com ele conseguimos representar a fonte de informação (camada de dados), a infra-estrutura, o *end-point software* (camada de apresentação) e principalmente as funcionalidades "smart"(camada de inteligência) da ferramenta.

3.2. Um repositório de recursos educacionais para fomentar comunidades de prática

O aumento da conectividade entre as pessoas, gerada pela internet deve-se muito às redes sociais, que já passaram da marca de bilhões de usuários. Essas redes por um lado trouxeram agilidade, rapidez e facilidade na comunicação, mas por outro têm sido cada vez mais alvo de críticas sobre o seu real papel na sociedade, pois elas contribuem para a geração de problemas, como vício, ansiedade, depressão, disseminação de notícias falsas, "roubo" das horas produtivas etc.

Ao mesmo tempo, vivemos em um mundo com uma demanda cada vez maior por profissionais, estudantes e pesquisadores que praticam o desenvolvimento contínuo,

ou seja, que sempre se atualizam em suas áreas profissionais e acadêmicas, principalmente em relação à digitalização, o que ficou ainda mais evidente durante a pandemia da COVID-19 durante o ano de 2020. Interações profissionais à distância são algo cada vez mais presente na sociedade em todo o mundo e isso só tende a aumentar.

Utilizamos nesta proposta o conceito principal das comunidades de prática, ou seja, comunidades que reúnem pessoas interessadas sobre uma determinada área de conhecimento, seja estudantes, pesquisadores, profissionais ou simples entusiastas, para trocar experiências relacionadas a essa área e assim contribuir não só com a própria evolução, mas com a evolução de toda a comunidade, trazendo inovação e desenvolvimento, que no final das contas beneficiarão toda a sociedade.

Trazemos em nossa proposta uma lógica semelhante à das redes sociais tradicionais, na qual o próprio usuário cria o seu conteúdo, e pode criar uma ou mais comunidades de prática, convidar pessoas interessadas e interagir com elas, adicionando recursos e conteúdo à comunidade.

Para tornar o processo mais dinâmico e eficiente, contamos com a utilização da inteligência artificial, que por meio da análise das interações e dos conteúdos, pode fazer sugestões relevantes, geração de conteúdo dinâmico e autônomo, moderar o funcionamento da rede e suas interações, dar *feedback* de evolução individual e coletiva, aproximar mais as partes interessadas e ajudar a expandir as comunidades.

Para modelar conceitualmente a parte "smart" do projeto utilizamos o framework mencionado no referencial teórico do artigo e assim definimos as funcionalidades inteligentes e o plano de implementação, como segue no modelo da Figura 3.

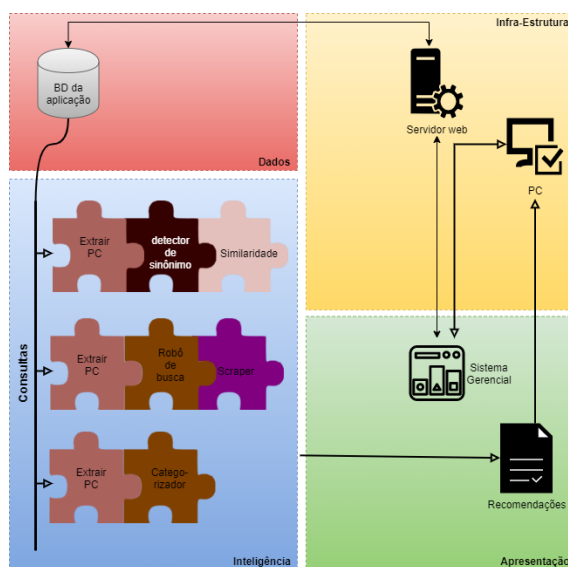


Figura 3. A rede social de comunidades de prática enquanto SLE modelado com o framework.

Na camada de Dados temos o BD da aplicação, que armazena todos os recursos educacionais postados pelos usuários nas diferentes comunidades de práticas criadas. Esses dados são acessados tanto pelos usuários quanto pelo próprio sistema. Na camada de infra-estrutura temos o servidor web e os dispositivos que acessam a aplicação pelo nave-

gador web, sejam eles computadores *desktop*, *notebooks*, *tablets* ou celulares. Na camada de apresentação temos a representação do sistema gerencial, responsável pelos cadastros de conteúdos da aplicação, bem como a finalidade de recomendação da mesma.

Na camada de inteligência há a implementação do framework em três métodos: o primeiro extrai conteúdo da aplicação, detecta similaridade e sugere aos usuários conteúdo relevante com base em seus interesses e sua utilização da plataforma, como comunidades, postagens e recursos educacionais relevantes. O segundo método extrai o conteúdo interno e o utiliza para fazer uma consulta externa, trazendo conteúdo relevante de fora da aplicação, gerado pelos motores de busca da web, qualquer que seja esse conteúdo, como artigos, notícias, postagens, vídeos, áudios, sites e softwares. Isso enriquecerá a rede de comunidades de prática, pois formará uma ligação com o conteúdo externo, fazendo com que os usuários não estejam apenas isolados entre si na comunidade.

Por fim, o terceiro método é utilizado para auxiliar na criação de recursos educacionais na rede social, categorizando os materiais em tipo de conteúdo e sugerindo a comunidade ideal onde eles podem ser postados, com ele o sistema pode definir sobre o que é cada recurso educacional postado e sugerir como ele pode ser categorizado, o que facilita a busca e a organização desses recursos, além de aumentar a relevância das comunidades, que passam a ter, assim, conteúdo fortemente relacionado.

Comumente utilizamos a UML para projetar sistemas computacionais, no entanto existe uma carência de artefatos de representação de inteligência artificial nesta linguagem. Neste caso, o framework também foi crucial para a modelagem deste segundo SLE. Ele nos ajudou a projetar, dentre outras coisas, as funcionalidades inteligentes do sistema, que nomeamos como "Praticom". Com isso, entendemos que o framework é complementar à UML, que é muito importante para a área de engenharia de software de uma maneira geral. Inclusive utilizamos um diagrama de casos de uso para demonstrar os requisitos funcionais do sistema gerencial (que é um elemento da camada de apresentação do framework) do Praticom na Figura 4.

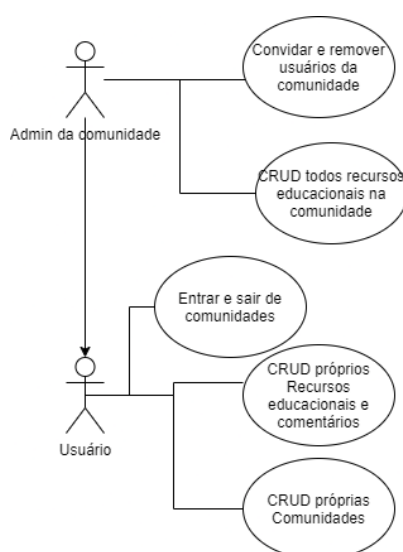


Figura 4. Casos de Uso da rede social de comunidades de prática

As tecnologias que estão sendo utilizadas no projeto são a linguagem de

programação *PHP*, por ser um projeto voltado para a web, o framework de CSS *Bootstrap*, por ser responsivo, assim o projeto só precisará ser feito uma vez, além de ser o de maior difusão na comunidade de desenvolvimento, simples, prático e de rápida implementação.

A Figura 5 apresenta um retrato da tela inicial da Praticom, rede social de comunidades de prática. Nessa tela o usuário já logado pode criar sua própria comunidade ou se inscrever em comunidades já existentes. Cada link para a comunidade possui foto, título e descrição, para facilitar a pré-visualização do tipo de conteúdo abordado na comunidade.

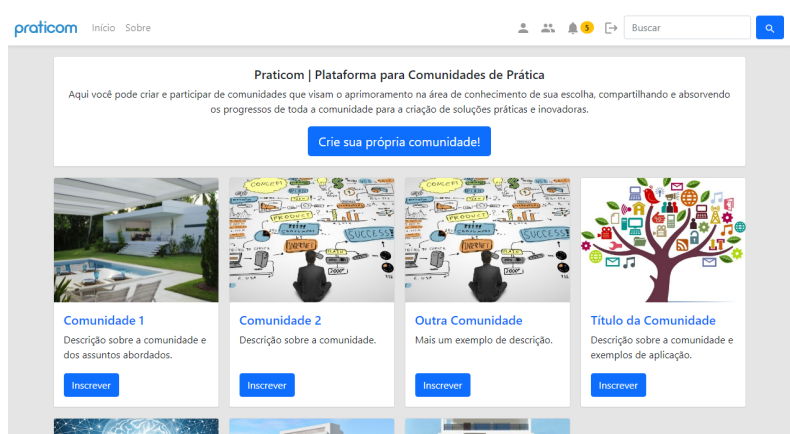


Figura 5. Tela inicial do SLE

No Praticom também é possível visualizar os demais membros participantes, para incentivar e fomentar a interação, e o conteúdo sobre a comunidade, que pode conter tudo aquilo que o administrador achar necessário e importante que os membros saibam como regras, conteúdos essenciais, tutoriais, multimídia, links etc.

4. Considerações finais

Neste artigo, apresentamos duas aplicações *Smart Learning Environment (SLE)* desenhadas com um framework construído especificamente para projetar SLEs conceitualmente [Silveira et al. 2020], com ênfase na modelagem de funcionalidades inteligentes de um sistema computacional. Expomos e descrevemos os modelos conceituais dessas aplicações, e fizemos uma discussão sobre a importância delas no contexto educacional.

Nossa contribuição está na idealização destas duas concepções tecnológicas inteligentes para por um lado, potencializar a construção do conhecimento para os aprendizes, e por outro, trazer facilidades para mediadores que precisam lidar com um grande público estudantil. Outra contribuição está na apresentação dessas concepções como uma estratégia para validação do framework apresentado em [Silveira et al. 2020].

Como trabalhos futuros, pretendemos testar e validar as implementações de ambos os SLEs apresentados neste artigo. Ainda temos a intenção de construir um ambiente de desenvolvimento integrado à ferramentas de IA disponíveis (como bibliotecas das linguagens Python e JAVA) para facilitar a implementação computacional de novos SLEs a partir do framework.

Referências

- Brown, J. S. (2000). Growing up: Digital: How the web changes work, education, and the ways people learn. *Change: The magazine of higher learning*, 32(2):11–20.
- Carvalho, M. J. S., de Nevado, R. A., and de Menezes, C. S. (2005). Arquiteturas pedagógicas para educação à distância: concepções e suporte telemático. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, pages 351–360.
- de Nevado, R. A., de Menezes, C. S., and Júnior, R. R. V. (2012). Debate de teses—uma arquitetura pedagógica. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.
- dos Santos, M. B. and da Silva, J. M. C. (2017). Avaliação de um sistema de recomendação para objetos de aprendizagem obaa. In *Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE)*, volume 1.
- Ficheman, I. K. (2008). *Ecossistemas digitais de aprendizagem: autoria, colaboração, imersão e mobilidade*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Jonassen, D., Davidson, M., Collins, M., Campbell, J., and Haag, B. B. (1995). Constructivism and computer-mediated communication in distance education. *American journal of distance education*, 9(2):7–26.
- JORUM et al. (2006). E-learning repository systems research watch. *Project Document*.
- Mason, O. and Grove-Stephensen, I. (2002). *Automated free text marking with paperless school*. Loughborough University.
- Richardson, A. (2002). An ecology of learning and the role of elearning in the learning environment. *Global Summit of Online Knowledge Networks*, 47:51.
- Roll, I. and Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2):582–599.
- Silveira, P. D. N., Cury, D., and de Menezes, C. S. (2020). Um framework para concepção de smart learning environments. *RENOTE*, 18(2):21–30.
- Spector, J. M. (2016). Smart learning environments: Concepts and issues. In *Society for Information Technology & teacher education international conference*, pages 2728–2737. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Wenger, E. (2011). *Communities of practice: A brief introduction*. National Science Foundation (US).